

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-013104

(43)Date of publication of application : 14.01.2000

(51)Int.Cl.

H01P 1/15

(21)Application number : 10-173036

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV  
LAB INC

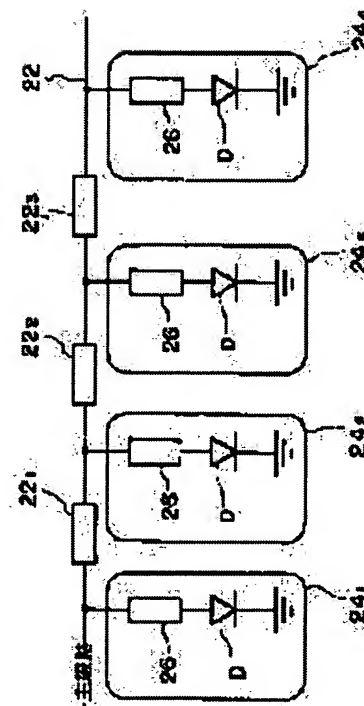
(22)Date of filing : 19.06.1998

(72)Inventor : USUI MASANORI  
HAYASHI HIROAKI  
TANAKA YUICHI

## (54) HIGH FREQUENCY SWITCH

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make reduction in an insertion loss compatible with extension of an isolation band.  
**SOLUTION:** Four stages of unit switch systems 241-244 are connected in parallel with a main line 22. Each of the unit switch systems 241-244 consists of series connection of a diode D and a transmission line 26. Each characteristic of the diodes D is identical and a resonance frequency when a switching element of the unit switch system is turned off is made different by making each length of a transmission line 26 different. Since the isolation characteristic is superposition of plural peaks, even when number of stages of the unit switch systems is the same as that of a conventional switch, the isolation band is made much more wider. Moreover, the insertion loss is not increased in comparison with a conventional technology.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-13104

(P2000-13104A)

(43) 公開日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 P 1/15

識別記号

F I

H 0 1 P 1/15

テーマコード(参考)

5 J 0 1 2

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-173036

(22) 出願日 平成10年6月19日 (1998.6.19)

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1

(72) 発明者 白井 正則

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 林 宏明

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(74) 代理人 100079049

弁理士 中島 淳 (外1名)

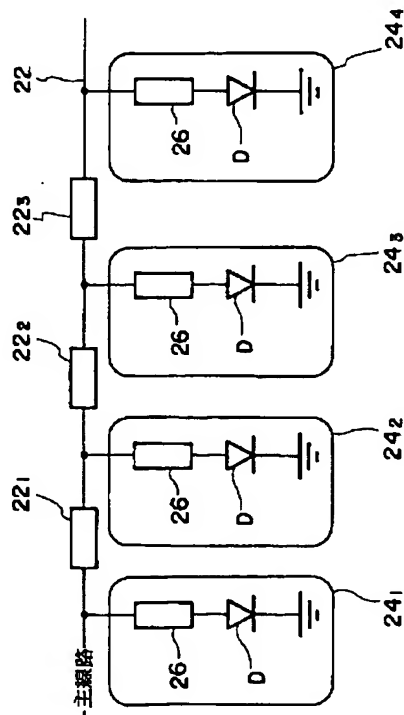
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波スイッチ

(57) 【要約】

【課題】 挿入損失の低減とアイソレーション帯域の拡大とを両立させる。

【解決手段】 主線路22には、単位スイッチ系24<sub>1</sub>～24<sub>4</sub>を4段並列に接続されている。単位スイッチ系24<sub>1</sub>～24<sub>4</sub>の各々は、ダイオードDと伝送線路26との直列接続で構成されている。ダイオードDの各々の特性は同一であり、伝送線路26の長さを異ならせて単位スイッチ系のスイッチング素子オフ時の共振周波数が各々異なるように構成してある。このため、アイソレーション特性は異なる複数のピークの重ね合わせとなるので、単位スイッチ系の段数が従来と同数であってもアイソレーション帯域をより広帯域化することができる。また、挿入損失は従来技術に比較して増加しない。



# 【特許請求の範囲】

【請求項 1】スイッチング素子と受動回路とで構成された単位スイッチ系が主線路に複数個並列接続された高周波スイッチであって、前記スイッチング素子オフ時のリアクタンス成分と前記受動回路のリアクタンス成分とにより決定される前記単位スイッチ系の共振周波数が各単位スイッチ系各々で異なるようにした高周波スイッチ。

## 【発明の詳細な説明】

### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高周波スイッチに係り、特に、主線路導通時の挿入損失を増大させることなく、主線路遮断時のアイソレーション特性を広帯域化させた高周波スイッチに関する。

### 【0002】

【従来の技術】高周波スイッチでは、主線路導通時、すなわちスイッチオン時の挿入損失低減と、主線路遮断時、すなわちスイッチオフ時のアイソレーションの向上とが求められる。

【0003】従来の高周波スイッチでは、図 1 に示すように、FET、またはダイオード等で構成されて一端が接地されたスイッチング素子 10 の他端を主線路 12 に対して並列に接続する構成が使用されることが多い。高周波スイッチにおいて主線路遮断時のアイソレーションを更に向上させるためには、図 2 に示すように、スイッチング素子 10 に、伝送線路、スパイラルインダクタ、アクティブインダクタ、または MIM キャパシタ等で構成された受動回路 14 を直列接続して構成した単位スイッチ系 16 が採用される。

【0004】図 2 の構成では、スイッチング素子がオン状態の時、単位スイッチ系は高インピーダンスとなり、主線路は導通状態となる。一方、スイッチング素子がオフ状態のとき、単位スイッチ系はスイッチング素子と受動回路との共振現象により低インピーダンスとなり、主線路は遮断状態となる。

【0005】この主線路導通時及び遮断時の周波数特性の例を図 3 に示す。図 3 から、主線路導通時の挿入損失の周波数依存性が少ないのに対し、主線路遮断時のアイソレーション特性が周波数に依存してピークを持つことが理解できる。

【0006】このアイソレーションの周波数特性は、オフ時のスイッチング素子の容量  $C_{off}$  と受動回路のインダクタンス成分  $L$  の共振現象によってもたらされ、その共振周波数  $f$  は次式で表される。

$$f = 1 / \{ 2\pi (L \cdot C_{off})^{1/2} \}$$

図 2 の構成でもアイソレーション特性が不足する場合には、図 4 に示すように、スイッチング素子 10 と受動回路 14 とを直列接続して構成した同一構成の単位スイッチ系 16<sub>1</sub> ～ 16<sub>n</sub> を主線路 12 に対して複数個接続する。この場合、隣り合う 2 つの単位スイッチ系を接続す

る線路 12<sub>1</sub> ～ 12<sub>n-1</sub> の電気長が、中心周波数における波長の 1/4 になるようにする（特開昭 53-136953 号公報）。

【0008】単位スイッチ系の段数に対する主線路遮断時のアイソレーション特性の変化の例を図 5 に、主線路導通時の挿入損失の変化の例を図 6 に示す。

【0009】なお、隣り合う 2 つの単位スイッチ系を接続する線路の線路長は、図 7 に示すように分岐部の最短長  $L$  で定義することが多いが、高周波での実効的な接続の線路長は  $L$  とは等しくならない。従って、予備試作に基づき最適な線路長  $L$  を求めることになるが、線路長  $L$  は中心周波数における波長の 1/4 の電気長に対して ±10% の範囲内の値となる。

### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】高周波スイッチでは、アイソレーションの絶対値自体も重要な要素であるが、ある絶対値以上のアイソレーションが得られる帯域が広いことも重要な要素である。上記従来の技術では、図 5 および図 6 に示すように、主線路に並列接続する単位スイッチ系を多段化すればアイソレーションの最大値の増加に伴いアイソレーションの帯域は増加するが、それに伴って挿入損失も増加することが理解できる。すなわち、従来の技術では、挿入損失の低減とアイソレーション帯域の拡大という 2 つの要求項目に対して、一方を実現するためには、他方の特性を犠牲にせざるを得ない、という問題があった。

【0011】本発明は上記問題点を解消するためになされたもので、挿入損失の低減とアイソレーション帯域の拡大という 2 つの要求項目に対して、一方の要求項目を犠牲にすることなく、他方の要求項目を実現し、両者を両立させた高周波スイッチを提供することを目的とする。、両者の両立を図ることができる。

### 【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、スイッチング素子と受動回路とで構成された単位スイッチ系が主線路に複数個並列接続された高周波スイッチであって、前記スイッチング素子オフ時のリアクタンス成分と前記受動回路のリアクタンス成分とにより決定される前記単位スイッチ系の共振周波数が各単位スイッチ系各々で異なるようにしたものであり、目的に応じて以下の手段を選択できる。

【0013】アイソレーション帯域拡大を目的とする場合、主線路に接続されている単位スイッチ系のスイッチング素子オフ時の共振周波数を各々異なるようにすることによって、アイソレーション特性は異なる複数のピークの重ね合わせとなるので、単位スイッチ系の段数が従来と同数であってもアイソレーション帯域をより広帯域化することができる。しかも、この時、単位スイッチ系の段数が従来と同数であるため、オン時の挿入損失は従来技術に比較して増加することはない。

【0014】また、低挿入損失を目的とする場合、アイソレーション特性が異なる複数のピークの重ね合わせとすることにより、単位スイッチ系の段数を従来より少なくしてもアイソレーション帯域が従来より狭くなることはない。しかも、この時単位スイッチ系の段数が従来より少ないため、挿入損失を従来の高周波スイッチに比較して小さくすることができる。

【0015】なお、単位スイッチ系のスイッチング素子オフ時の共振周波数を各々異なるようにするには、受動回路のリアクタンス成分を各単位スイッチ系各々で異なるようにしてもよいし、スイッチング素子オフ時のリアクタンス成分を各単位スイッチ系各々で異なるようにしてもよく、受動回路のリアクタンス成分及びスイッチング素子オフ時のリアクタンス成分の両方を異なるようにしてもよい。

【0016】隣り合う2つの単位スイッチ系を接続する線路の電気長が、スイッチング素子オフ時の各々の単位スイッチ系の共振周波数における波長の相乗平均の約1/4にすることにより、アイソレーション特性を最も広帯域にすることができる。なお、単位スイッチ系を接続する線路の長さは、従来の技術と同様に、予備試作に基づき最適値を求めるが、その線路長は各々の共振周波数における波長の相乗平均の1/4の電気長に対して±10%の範囲内となる。

【0017】以上説明したように本発明によれば、アイソレーション帯域拡大と低挿入損失という2つの要求項目に対して、一方を犠牲にすることなく、他方を実現することができる。両者の両立を図ることができる。

#### 【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態をアイソレーション帯域拡大を重視した場合を例にとり詳細に説明する。本発明の第1の実施の形態の高周波スイッチは、各々の単位スイッチ系の受動回路のリアクタンス成分を各々異ならせたものである。

	共振周波数	伝送線路の長さ
単位スイッチ系24 <sub>1</sub>	66.0GHz	195μm
単位スイッチ系24 <sub>2</sub>	63.8GHz	225μm
単位スイッチ系24 <sub>3</sub>	58.5GHz	290μm
単位スイッチ系24 <sub>4</sub>	57.8GHz	325μm

#### 【0025】

【表2】

	構成(a)	構成(b)
単位スイッチ系24 <sub>1</sub> 、24 <sub>2</sub> 間:L <sub>12</sub>	455μm	430μm
単位スイッチ系24 <sub>2</sub> 、24 <sub>3</sub> 間:L <sub>23</sub>	455μm	458μm
単位スイッチ系24 <sub>3</sub> 、24 <sub>4</sub> 間:L <sub>34</sub>	455μm	485μm

本実施の形態のアイソレーションが-40dB以下で得られる周波数特性を図11に、挿入損失の周波数特性を

【0019】第1の実施の形態は、図8に示すように、主線路22に単位スイッチ系24<sub>1</sub>～24<sub>4</sub>を4段並列に接続したものである。

【0020】単位スイッチ系24<sub>1</sub>～24<sub>4</sub>の各々は、スイッチング素子としてのダイオードDと受動回路としての伝送線路26とを直列に接続して構成されている。

【0021】また、単位スイッチ系24<sub>1</sub>と単位スイッチ系24<sub>2</sub>の間は、長さL<sub>12</sub>の接続線路22<sub>1</sub>で接続され、単位スイッチ系24<sub>2</sub>と単位スイッチ系24<sub>3</sub>の間は、長さL<sub>23</sub>の接続線路22<sub>2</sub>で接続され、単位スイッチ系24<sub>3</sub>と単位スイッチ系24<sub>4</sub>の間は、長さL<sub>34</sub>の接続線路22<sub>3</sub>で接続される。

【0022】ダイオードDの各々の特性は同一である。ダイオードDオン時の等価回路は、図9に示すように、寄生インダクタンスL<sub>p</sub>及びオン抵抗R<sub>on</sub>からなる直列回路と、寄生容量C<sub>p</sub>との並列回路で表すことができる。また、ダイオードDオフ時の等価回路は、図10に示すように、寄生インダクタンスL<sub>p</sub>及びオフ容量C<sub>off</sub>からなる直列回路と、寄生容量C<sub>p</sub>との並列回路で表すことができる。

【0023】上記等価回路の定数の各々は、L<sub>p</sub>=0.1pH、C<sub>p</sub>=0.01pF、R<sub>on</sub>=4.7Ω、C<sub>off</sub>=0.017pFであり、単位スイッチ系の共振周波数及び伝送線路26の各々の長さは表1に示す通りである。また、接続線路22<sub>1</sub>～22<sub>3</sub>各々の長さL<sub>12</sub>、L<sub>23</sub>、L<sub>34</sub>は、表2のように定めることができる。なお、表2において構成(a)は、中心周波数(60.5GHz)における波長の1/4の一定の電気長とした場合、構成(b)は隣り合う2つの単位スイッチ系のスイッチング素子オフ時の共振周波数における波長の相乗平均の1/4とした場合である。

#### 【0024】

【表1】

図12に従来例と比較して示す。なお、従来例は、図4において伝送線路とダイオードとを直列接続して同一構

成とした単位スイッチ系 16<sub>1</sub> ~ 16<sub>4</sub> の 4 段使用したものである。伝送線路 14 の長さは、各々 265  $\mu\text{m}$  であり、単位スイッチ系を接続する線路 12<sub>1</sub> ~ 12<sub>3</sub> の長さは各々同一の長さ 455  $\mu\text{m}$  としたものである。

【0026】図 11 より、本実施の形態の構成 (a)、(b) のいずれも従来例に比較してアイソレーション特性が広帯域化していることが理解できる。また、本実施の形態では、単位スイッチ系を接続する線路の長さを各々の単位スイッチ系のスイッチング素子オフ時の共振周波数における波長の相乗平均の 1/4 とした構成 (b) 10

	(a)	(b)	従来例
挿入損失	-1.4 dB	-1.4 dB	-1.4 dB
アイソレーション-40 dB 以下が得られる周波数帯域	10.5 GHz	11.5 GHz	6.5 GHz

次に、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。第 2 の実施の形態の高周波スイッチは、各々の単位スイッチ系のスイッチング素子のリアクタンス成分を各々異ならせたものである。

【0029】第 2 の実施の形態は、図 13 に示すように、主線路 28 に単位スイッチ系 30<sub>1</sub> ~ 30<sub>4</sub> を 4 段並列に接続したものである。

【0030】単位スイッチ系 30<sub>1</sub> ~ 30<sub>4</sub> の各々は、スイッチング素子としてのダイオード d と受動回路としての伝送線路 32 とを直列に接続して構成されている。

【0031】また、単位スイッチ系 30<sub>1</sub> と単位スイッチ系 30<sub>2</sub> との間は、長さ L<sub>12</sub> の接続線路 28<sub>1</sub> で接続され、単位スイッチ系 30<sub>2</sub> と単位スイッチ系 30<sub>3</sub> との間は、長さ L<sub>23</sub> の接続線路 28<sub>2</sub> で接続され、単位ス 30

の方が、中心周波数における波長の 1/4 の電気長で一定とした構成 (a) より、アイソレーション特性が広帯域化していることが理解できる。また、図 12 より、挿入損失は、従来例と同等レベルであることが理解できる。

【0027】本実施の形態の効果を従来例と比較して示すと次の表 3 に示すようになる。

【0028】

【表 3】

スイッチ系 30<sub>3</sub> と単位スイッチ系 30<sub>4</sub> との間は、長さ L<sub>34</sub> の接続線路 28<sub>3</sub> で接続される。

【0032】ダイオード d オン時の等価回路は、図 9 で説明した通りであり、ダイオード d オフ時の等価回路は、図 10 で説明した通りである。単位スイッチ系の共振周波数は次の表 4 に示す通りであり、ダイオード d のオン抵抗 R<sub>on</sub>、及びオフ容量 C<sub>off</sub> は、次の表 4 に示すように異ならせてある。また、寄生インダクタンス L<sub>p</sub>、及び寄生容量 C<sub>p</sub> は、4 つのダイオード各々で同一であり (L<sub>p</sub>=0.1 pH, C<sub>p</sub>=0.01 pF)、伝送線路の長さは、各々 255  $\mu\text{m}$  で一定である。

【0033】

【表 4】

	共振周波数	R <sub>on</sub>	C <sub>off</sub>
単位スイッチ系 30 <sub>1</sub>	66.0 GHz	6.6 $\Omega$	0.012 pF
単位スイッチ系 30 <sub>2</sub>	63.8 GHz	5.7 $\Omega$	0.014 pF
単位スイッチ系 30 <sub>3</sub>	58.5 GHz	4.2 $\Omega$	0.019 pF
単位スイッチ系 30 <sub>4</sub>	57.8 GHz	3.4 $\Omega$	0.023 pF

また、接続線路 28<sub>1</sub> ~ 28<sub>3</sub> 各々の長さ L<sub>12</sub>, L<sub>23</sub>, L<sub>34</sub> は、表 5 のように定めることができる。なお、表 5 において構成 (a) は、中心周波数 (60.5 GHz) 40 における波長の 1/4 の一定の電気長とした場合、構成 (b) は隣り合う 2 つの単位スイッチ系のスイッチング

素子オフ時の共振周波数における波長の相乗平均の 1/4 とした場合である。

【0034】

【表 5】

	構成 (a)	構成 (b)
単位スイッチ系 28 <sub>1</sub> , 28 <sub>2</sub> 間: L <sub>12</sub>	455 $\mu\text{m}$	433 $\mu\text{m}$
単位スイッチ系 28 <sub>2</sub> , 28 <sub>3</sub> 間: L <sub>23</sub>	455 $\mu\text{m}$	460 $\mu\text{m}$
単位スイッチ系 28 <sub>3</sub> , 28 <sub>4</sub> 間: L <sub>34</sub>	455 $\mu\text{m}$	492 $\mu\text{m}$

本実施の形態のアイソレーションが -40 dB 以下で得られる周波数特性を図 14 に、挿入損失の周波数特性を 50

図 15 に、第 1 の実施の形態で説明したのと同様の従来例と比較して示す。

【0035】図14より、本実施の形態の構成(a)、(b)のいずれも従来例に比較してアイソレーション特性が大幅に広帯域化していることが理解できる。また、本実施の形態では、単位スイッチ系を接続する線路の長さを各々の単位スイッチ系のスイッチング素子オフ時の共振周波数における波長の相乗平均の $1/4$ とした構成(b)の方が、中心周波数における波長の $1/4$ の電気長で一定とした構成(a)より、アイソレーション特性

	(a)	(b)	従来例
挿入損失	-1.4 dB	-1.4 dB	-1.4 dB
アイソレーション-40 dB 以下が得られる周波数帯域	10.5 GHz	11.2 GHz	6.5 GHz

本実施の形態では、アイソレーション帯域拡大を重視した設計を例示したが、低挿入損失を重視した設計も可能である。

【0038】上記では、スイッチング素子としてダイオードを使用し、受動回路として伝送線路を用いた例について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、受動回路としてスパイラルインダクタ、アクティブインダクタ、MIMキャパシタを用いても低挿入損失、及びアイソレーションの広帯域化を図ることができる。また、上記では、スイッチング素子と受動回路とを直列接続した単位スイッチ系に本発明を適用した例について説明したが、スイッチング素子と受動回路とを並列接続した単位スイッチ系にも本発明を適用することができる。

#### 【0039】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、挿入損失の低減とアイソレーション帯域の拡大という2つの要求項目に対して、一方の要求項目を犠牲にすることなく他方が実現可能な高周波スイッチを提供することができる、という効果が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】スイッチング素子のみで構成された従来の高周波スイッチの回路図である。

【図2】スイッチング素子と受動回路とで構成された従来の高周波スイッチの回路図である。

【図3】図2に示した従来の高周波スイッチの特性を示す線図である。

【図4】単位スイッチ系を複数接続した従来の高周波ス

が広帯域化していることが理解できる。また、図15より、挿入損失は、従来例と同等レベルであることが理解できる。

【0036】本実施の形態の効果を従来例と比較して示すと次の表6に示すようになる。

#### 【0037】

【表6】

イッチの回路図である。

【図5】単位スイッチ系を多段接続したときのアイソレーション向上を示す線図である。

【図6】単位スイッチ系を多段接続したときの挿入損失の変化を示す線図である。

【図7】主線路に接続された隣り合う単位スイッチ系の接続線路の長さLを説明するための線図である。

【図8】本発明の第1の実施の形態の高周波スイッチの回路図である。

【図9】ダイオードオン時の等価回路を示す回路図である。

【図10】ダイオードオフ時の等価回路を示す回路図である。

【図11】第1の実施の形態のアイソレーションの周波数特性を示す線図である。

【図12】第1の実施の形態の挿入損失の周波数特性を示す線図である。

【図13】本発明の第2の実施の形態の高周波スイッチの回路図である。

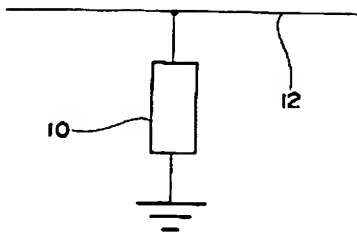
【図14】第2の実施の形態のアイソレーションの周波数特性を示す線図である。

【図15】第2の実施の形態の挿入損失の周波数特性を示す線図である。

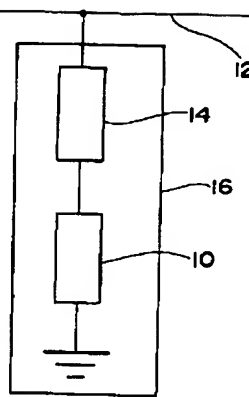
#### 【符号の説明】

- 10 スwitchング素子
- 12 主線路
- 14 受動回路
- 16 単位スイッチ系

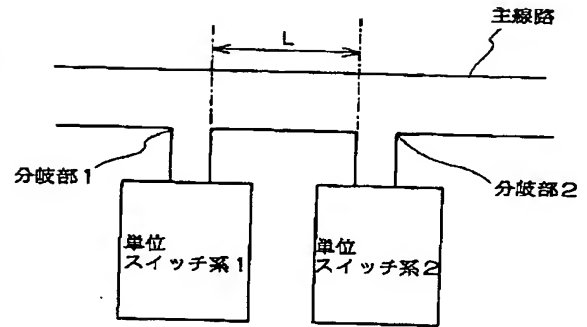
【図1】



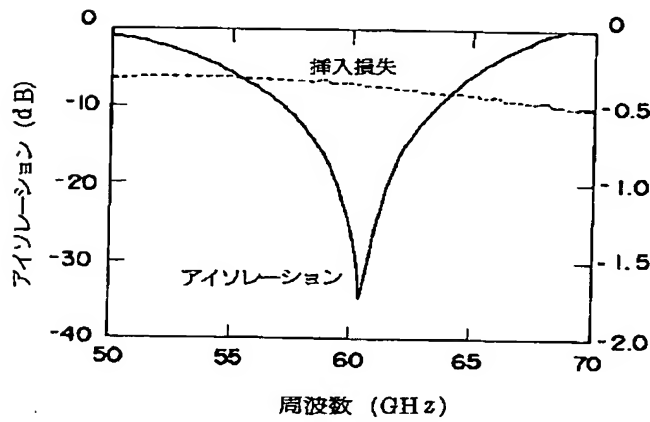
【図2】



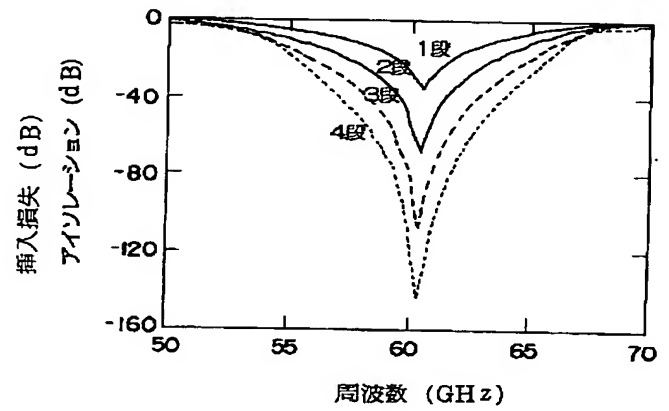
【図7】



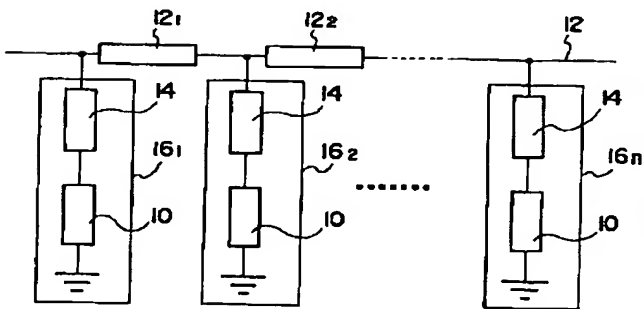
【図3】



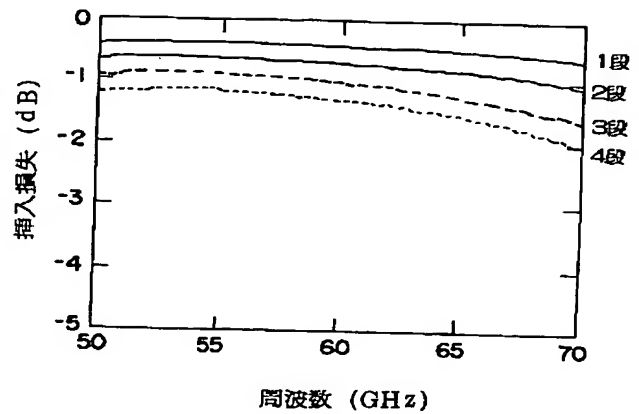
【図5】



【図4】

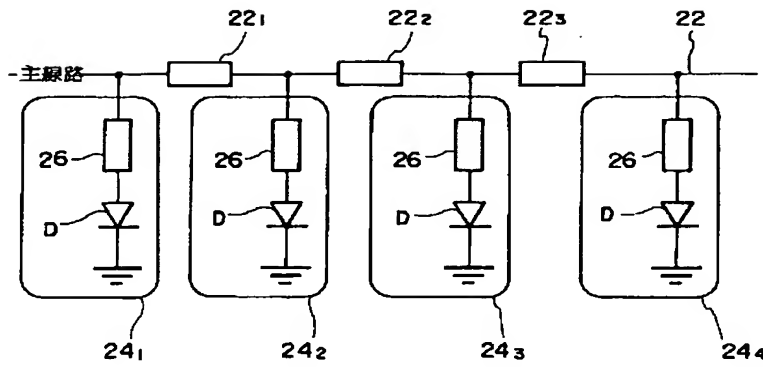


【図6】

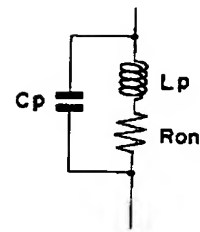




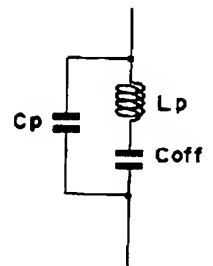
【図8】



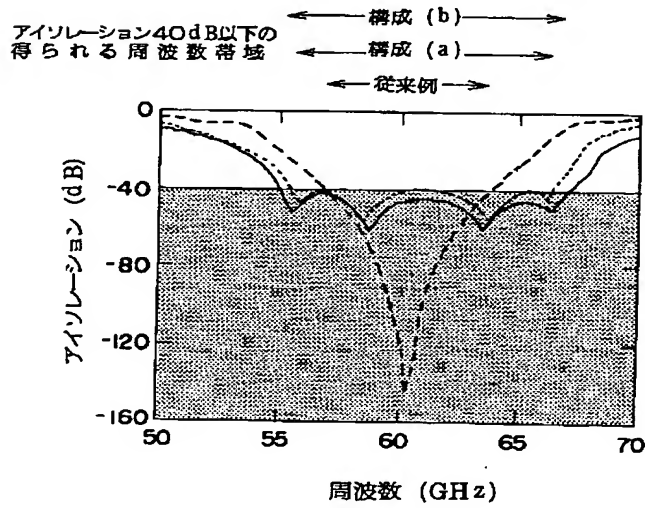
【図9】



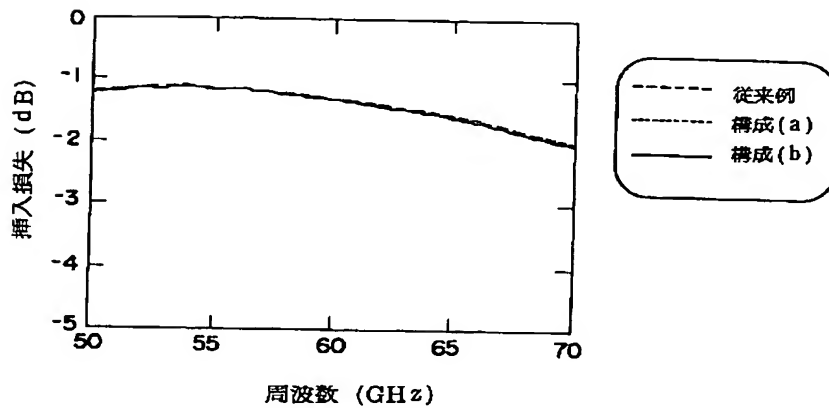
【図10】



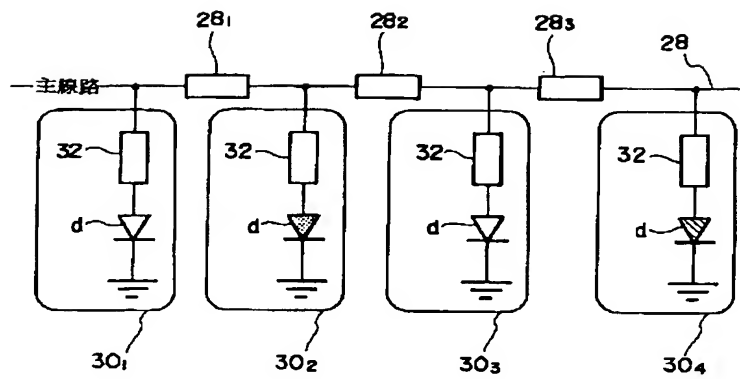
【図11】



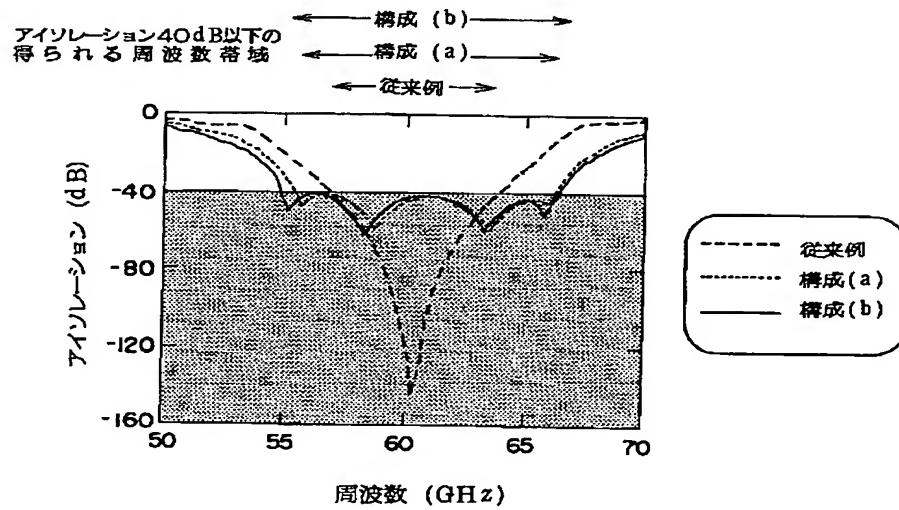
【図12】



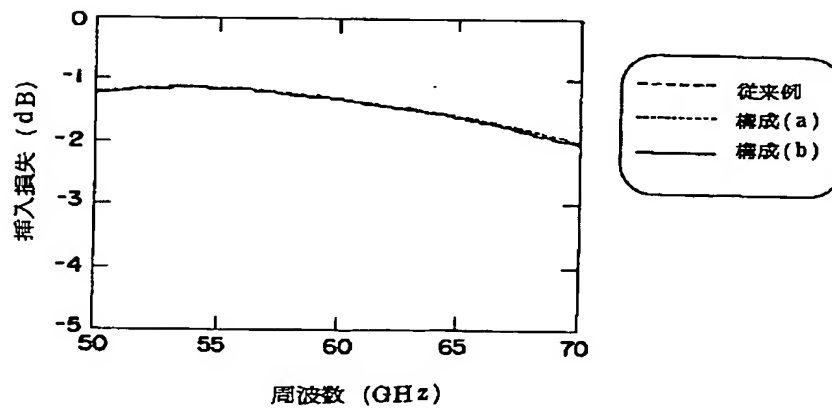
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 田中 雄一

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

Fターム(参考) 5J012 BA04